

С. В. БОРЩЕВСКИЙ, В. И. КАМЕНЕЦ, А. А. ДРЮК (ДонНТУ)

СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ НАБРЫЗГ-БЕТОННОЙ КРЕПИ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Проаналізований спосіб зведення набрызг-бетонної кріпії в свердловинах великого діаметру. Запропонований варіант розрахунку товщини набрызг-бетонної кріпії при використанні даного способу. Рекомендовано вдосконалення технології кріплення свердловин великого діаметру з метою забезпечення стійкості і економії засобів при зведенні кріплення вертикальних виробок.

Проанализирован способ возведения набрызг-бетонной крепи в скважинах большого диаметра. Предложен вариант расчета толщины набрызг-бетонной крепи при использовании данного способа. Даны рекомендации по совершенствованию технологии крепления скважин большого диаметра с целью обеспечения устойчивости и экономии средств при сооружении крепи вертикальных выработок.

The method of building the spill-concrete walls in mine holes of large diameter is analyzed. The variant of calculation of thickness of spill-concrete walls using such a method is offered. The recommendation on perfection of technology of timbering the mine holes of large diameter with a purpose of providing the durability and cost efficiency during the building of walls in vertical mines is proposed.

Развитие промышленности в Украине неизбежно связано со строительством новых и реконструкцией действующих угольных шахт для обеспечения страны углём.

Главным фактором роста эффективности строительного производства и улучшения работы шахтостроительных организаций по увеличению объёмов строительства является рост производительности труда на основе применения более совершенной техники и технологии производства работ, внедрение новых материалов и конструкций, снижение трудоёмкости работ, повышение уровня механизации выдачи разрушенной породы при проходке стволов.

Решению поставленных задач в области проходки вертикальных горных выработок в полной мере соответствует способ бурения.

Прогрессивная технология проходки вертикальных горных выработок способом бурения характеризуется тем, что без присутствия людей в забое выполняются основные технологические процессы: разрушение породы, выдача её из забоя и возведение крепи. Кроме того, для способа бурения характерна высокая степень механизации технологических процессов (численность рабочих при бурении в 3-4 раза меньше, чем при проходке буровзрывным способом). Этот способ всё шире применяется при проходке скважин большого диаметра и шахтных стволов малого диаметра практически в любых горно- и гидрогеологических условиях. Особенно эффективно применение способа бурения при реконструкции действующих шахт: сооружение фланговых вентиляционных, кон-

диционирующих, коммуникационных стволов и скважин.

В Украине для этого применяют бурильные установки РТБ и фирмы «WIRTH» L-35 (рис. 1), L-35М. Технические характеристики установок приведены в табл. 1.



Рис. 1. Бурильная установка «WIRTH» L-35

При сооружении скважин большого диаметра (2,3 м в свету) примерные соотношения затрат времени и денежных средств, усреднённые по Донбассу, имеют следующие значения: на транспортирование оборудования, монтаж, демонтаж, возведение временных зданий, соору-

жений, устья ствола соответственно 22.32 и 6.49 %; на бурение 49.12 и 68.91 %; на возведение крепи 28.56 и 24.6 %.

Отсюда следует, что для повышения темпов и эффективности бурения необходимо дальнейшее совершенствование данных процессов.

Таблица 1

Технические характеристики установок РТБ и фирмы «WIRTH»

Параметры	РТБ	L-35	L-35M
Способ бурения	реактивно-турбинный	роторный	роторный
Способ промывки	прямая	обратная	обратная
Эффективные диаметры бурения, м	0.7...0.5	2.6...4.0	3.2...4.7
Эффективная глубина бурения, м	2000 ...200	1000...700	800...600
Установленная электрическая мощность, кВт	1500...2500	800	800
Питающее напряжение, В	6000	200	200
Продолжительность монтажа, сутки	90	20	25
Численность рабочих в смене, чел.	5	6	6

Анализ состояния техники и технологии в этом плане показывает, что перспективным направлением является совершенствование технологии крепления скважин большого диаметра с использованием набрызг-бетонной крепи, а теоретическое обобщение и разработка технологических решений её применения – актуальная научно-техническая задача.

При набрызг-бетонировании используется центробежная растворометательная машина (рис. 2).

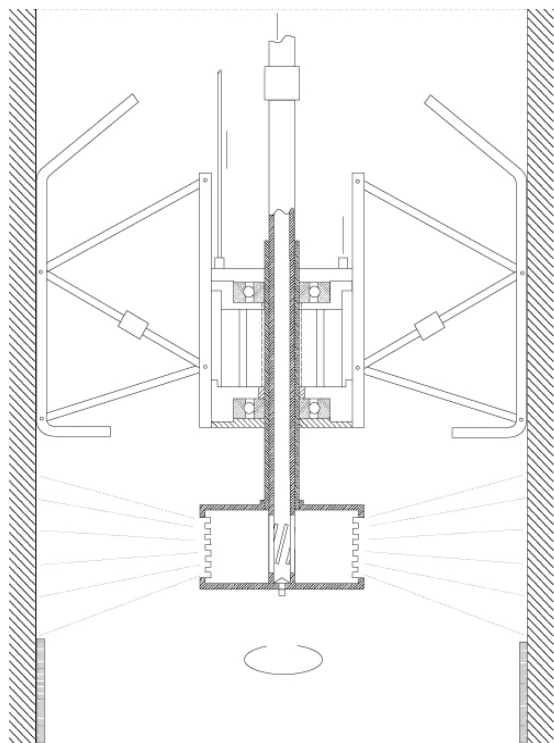


Рис. 2. Схема центробежной растворометательной машины

Растворометательная машина с направляющими, определяемыми диаметром скважины, крепится к несущему канату и опускается на заданную глубину. После начала процесса смешивания цементный раствор закачивается в метательное устройство, приведенное во вращение пневмодвигателем. При вращении метательной головки раствор набрызгивается радиально на стенки скважины и уплотняется на них, в то время как все устройство медленно поднимается лебедкой. Толщина образовавшегося слоя при заданном диаметре скважины определяется подачей цемента и скоростью подъема. За один цикл прохода машины наносится слой толщиной до 15 мм. Такая толщина обделки может быть приемлемой в тех случаях, когда речь идет о вертикальных горных выработках круглого сечения площадью от 3 до 6 м². Кроме того, требуется, чтобы конвергенция стенок завершилась в стадии нанесения обделки.

Стабилизирующий, выравнивающий и уплотняющий эффект крепления скважин набрызг-бетоном достигается уже тогда, когда толщина слоя составляет всего несколько миллиметров. Как показала практика, тонкие оболочки сохраняют заданные свойства даже в условиях сдвижения пород. Толстостенные цементные или бетонные оболочки пока еще нуждаются в практическом подтверждении аналогичных качеств.

Скважины большого диаметра крепятся окончательно, как правило, после полного завершения бурения. Но в особых случаях может понадобиться крепление их участками, по мере

подвигания забоя расширения скважины. Рассмотренная выше технология такую возможность предоставляет.

Соответственно горно-геологическим данным, породы Донбасса следует отнести к первому типу по характеру длительного деформирования согласно классификации Ю. М. Либбермана, в качестве реологического уравнения состояния которых в рамках теории упруго-вязко-пластической среды может быть принята теория наследственной ползучести, позволяющая описывать деформирование горных пород во времени с учетом истории нагружения, т.е. от последовательности и продолжительности указанных выше технологических операций [1, 2]. При вводе крепи в контакт с породными стенками в начальный момент времени крепь не испытывает нагрузок со стороны пород. В дальнейшем развивается давление на крепь вследствие ползучести пород. Определение давления пород на крепь рассматривается при решении плоской задачи взаимодействия крепи скважины с массивом при принятии массива пород линейной наследственной средой.

$$u = \frac{\lambda \cdot \gamma \cdot h - \sigma(t_1)}{2G_{t1}} + \frac{\sigma(t_1) - \sigma(t_2)}{2G_{t2}} + \frac{\sigma(t_2) - \sigma(t_3)}{2G_{t3}} + \frac{\sigma(t_3) - \sigma(t_4)}{2G_{t4}}, \text{ м.} \quad (2)$$

где λ – коэффициент бокового давления в массиве пород, при отсутствии данных экспериментального определения принимаемый согласно [3]; γ – удельный вес вмещающих пород, кН/м³; $\sigma(t_i)$ – устанавливаемое напряжение в породном массиве, МПа (1 – в результате изменения напряжений при бурении скважины; 2 – в результате снятия напряжений при замене бурового раствора на техническую воду; 3 – в результате снятия напряжений при откачке скважины; 4 – в результате снятия напряжений на незакрепленном участке скважины); G_{ti} – временная функция модуля сдвига породы, МПа.

Величину суммарных смещений породных обнажений протяженного участка скважины единичного радиуса u (мм), для пород Российского Донбасса приближенно можно определить по следующей формуле:

Принимая во внимание, что деформации ползучести пород вызываются только «снимаемыми» напряжениями, обусловленными сооружением выработки, пользуясь принципами суперпозиции и наследственности, справедливыми для линейной наследственной среды, уравнение для смещений поверхности контакта между крепью скважины и массивом пород будет иметь вид:

$$P_{кр} = \frac{u}{0.75 \cdot \left(\frac{R}{R-C} \right)^2 + 1.25} \cdot \frac{E_{кр} \cdot \left(\left(\frac{R}{R-C} \right)^2 - 1 \right)}{1} \quad (1)$$

где $P_{кр}$ – давление пород на крепь, МПа; R – радиус скважины в бурении, м; C – толщина крепи, м; $E_{кр}$ – модуль упругости породы, МПа; u – суммарные смещения породных обнажений скважины единичного радиуса ($R = 1,0$ м) с момента ее бурения до момента ее крепления,

$$u = k_1 k_2 k_3 k_4 (AH^2 + BH + C) E \frac{h}{H}, \text{ м} \quad (3)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий изменение времени релаксации горных пород, принимаемый равным $k_1 = 1.05$; k_2 – коэффициент, учитывающий изменение коэффициента Пуассона горных пород, принимаемый равным $k_2 = 1.1$; k_3 – коэффициент, учитывающий скорость выполнения технологических операций, принимаемый согласно табл. 2; k_4 – коэффициент, учитывающий величину отставания возведения крепи, принимаемый равным $k_4 = 0.8$ для случая крепления скважины вслед за откачкой бурового раствора при глубине скважины до 100 м, расположенной в сланцах глинистых слабых, и $k_4 = 1.0$ – для всех остальных случаев; A, B, C – расчетные параметры, учитывающие характеристику вмещающих пород и проектную глубину скважины H , принимаемые согласно табл. 3.

Таблица 2

Значение коэффициента k_3

Литологический состав пород	Значение коэффициента k_3 , при скорости технологических операций, м/сут		
	1.0	3.0	5.0
Сланец глинистый крепкий	1.028	1.000	0.994
Сланец глинистый слабый, $H < 400$ м	1.125	1.000	0.940
Сланец глинистый слабый, $H > 400$ м	1.033	1.000	0.990
Сланец песчаный	1.100	1.000	0.978
Песчаник	1.020	1.000	1.000

Таблица 3

Расчетные параметры A, B, C

Литологический состав пород	Расчетные параметры		
	A	B	C
Сланец глинистый	$5.433 \cdot 10^{-14}$	$5.150 \cdot 10^{-14}$	$1.202 \cdot 10^{-9}$
Сланец песчаный	$1.497 \cdot 10^{-14}$	$1.797 \cdot 10^{-13}$	$5.060 \cdot 10^{-10}$
Песчаник	$7.282 \cdot 10^{-15}$	$-7.282 \cdot 10^{-13}$	$2.888 \cdot 10^{-10}$

Толщину набрызг-бетонной крепи рекомендуется определять по известной формуле ВНИМИ для определения толщины крепи вертикальных выработок по заданным нагрузкам на крепь (в основе формулы первая модификация второй основной расчетной схемы) [4]

$$C = R_{св} \cdot \left(\sqrt{\frac{R_{сж}}{R_{сж} - 2 \cdot P_{кр}}} - 1 \right), \text{ м}, \quad (4)$$

где $R_{св}$ – радиус скважины в свету;
 $R_{св} = R - C'$, м; (5)

$R_{сж}$ – расчетное сопротивление материала крепи (набрызг-бетона) одноосному сжатию, МПа, принимаемое согласно [6], которое в соответствии с требованиями [7], согласно которым при расчете крепи вертикальных выработок необходимо учитывать коэффициенты перегрузки, условий работы крепи и надежности, окончательно записывается в следующем виде

$$C = m_y R_{св} \left(\sqrt{\frac{m_{61} m_{63} m_{67} R_{сж}}{m_{61} m_{63} m_{67} R_{сж} - 2 P_{кр}}} - 1 \right), \text{ м}, \quad (6)$$

где m_y – коэффициент условий работы крепи, принимаемый равным $m_y = 1.25$ [7]; m_{61} – коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки, принимаемый равным $m_{61} = 1.0$ [5]; m_{63} – коэффициент, учитывающий условия набора бетоном прочности, принимаемый равным $m_{63} = 0.85$ [5]; m_{67} – коэффициент, учиты-

вающий температурный фактор, принимаемый равным $m_{67} = 0.85$ [5].

Полученные нами уравнения рекомендуются для определения параметров крепи скважин большого диаметра, сооружаемых по рассматриваемой технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булычев Н. С. Механика подземных сооружений. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1982. – 270 с.
2. Баклашов И. В. Механические процессы в породных массивах: Учебник для вузов / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – М.: Недра, 1986. – 272 с.
3. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОМПС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 272 с.
4. Баклашов И. В. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – М.: Недра, 1992. – 543 с.
5. СНиП 2.03.01-84 (1989, с изм. 1988, 1989, 1992). Бетонные и железобетонные конструкции.
6. РД 12.18.089-90. Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах. – Харьков, 1990. – 76 с.
7. СНиП II-94-80. Подземные горные выработки.

Поступила в редколлегию 25.10.2007.